

30. 3. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

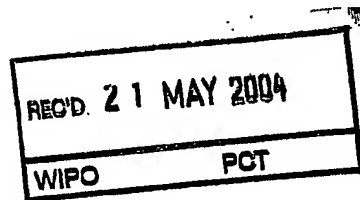
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 4 月 1 7 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 1 3 4 1 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 1 3 4 1 4]

出 願 人 日 本 電 信 電 話 株 式 会 社
Applicant(s):



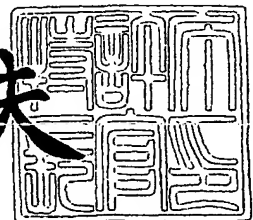
BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 4 月 3 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH147456

【提出日】 平成15年 4月17日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/22
G02B 6/18
G02B 6/16

【発明の名称】 空孔付き単一モード光ファイバ

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 中島 和秀

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 田嶋 克介

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 周 健

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 三川 泉

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 保莉 和男

【特許出願人】

【識別番号】 000004226

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077481

【弁理士】

【氏名又は名称】 谷 義一

【選任した代理人】

【識別番号】 100088915

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部 和夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013424

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9701393

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 空孔付き単一モード光ファイバ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 屈折率が均一な第 1 クラッド部と、前記第 1 クラッド部よりも高い屈折率を有し、第 1 クラッド部の中央に配置された半径 r_1 のコア部と、前記コア部の中心から距離 d の前記第 1 クラッド部領域内に配置された少なくとも 4 個以上の半径 r_2 の空孔部により形成される第 2 クラッド部とを有する単一モード光ファイバであって、

前記距離 d が前記コア部の前記半径 r_1 の 2.0 倍から 4.5 倍の大きさであって、かつ前記空孔部の前記半径 r_2 が前記コア部の前記半径 r_1 の 0.2 倍以上であることを特徴とする、空孔付き単一モード光ファイバ。

【請求項 2】 前記コア部の前記半径 r_1 が $3.2\ \mu\text{m}$ から $4.8\ \mu\text{m}$ であり、前記コア部の前記第 1 クラッド部に対する比屈折率差 Δ が 0.3% から 0.55% の領域内であることを特徴とする、請求項 1 に記載の空孔付き単一モード光ファイバ。

【請求項 3】 波長 $1310\ \text{nm}$ におけるモードフィールド径が $7.9\ \mu\text{m}$ から $10.2\ \mu\text{m}$ であることを特徴とする、請求項 2 に記載の空孔付き単一モード光ファイバ。

【請求項 4】 前記コア部の前記第 1 クラッド部に対する比屈折率差 Δ が 0.12% 以下であって、かつ前記コア部の中心から前記空孔部の最外周までの実効コア半径 A が $23\ \mu\text{m}$ から $28\ \mu\text{m}$ の範囲内であることを特徴とする、請求項 1 に記載の空孔付き単一モード光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、高速・大容量の光通信並びに光配線に好適な単一モード光ファイバに関し、特に空孔付き単一モード光ファイバに関する。

【0002】

【従来の技術】

光増幅技術を用いた長距離・大容量光通信では、単一モード光ファイバ中の光非線形現象による伝送特性の劣化が問題となる。

【0003】

単一モード光ファイバにおける光非線形性は、非線形屈折率 n_2 を実効断面積 A_{eff} で除算した、非線形定数 n_2 / A_{eff} に比例して変化する（非特許文献1）。従って、単一モード光ファイバの実効断面積 A_{eff} を拡大することにより、単一モード光ファイバ中の非線形定数を低減し、長距離・大容量光通信における光非線形現象による伝送特性の劣化を低減することが可能となる。

【0004】

このため、従来の単一モード光ファイバでは、導波構造を形成する屈折率分布の設計・最適化により、実効断面積 A_{eff} を拡大する試みがなされており（例えば、特許文献1～4）、これまでに、1310 nm から 1625 nm 程度の動作波長領域において約 $70 \mu m^2$ から $150 \mu m^2$ 程度の実効断面積 A_{eff} を有する単一モード光ファイバの特性が示されている。

【0005】

一方、従来の1.3 μm 帯零分散ファイバ（SMF）は屈折率の高いコア部と、コア部に比べ屈折率の低いクラッド部の2層からなる簡単な構造により実現可能であり、波長1550 nm 付近において約 $80 \mu m^2$ 程度の比較的大きな実効断面積 A_{eff} を有していることから、良好な接続・施工特性が実現可能であり、これまで光通信や光配線などの分野で広く利用されている。

【0006】

【特許文献1】

特開平9-274118号公報（請求項6）

【0007】

【特許文献2】

特開平11-218632号公報（請求項1）

【0008】

【特許文献3】

特開2001-33647号公報（請求項1、代表図の図1）

【0009】

【特許文献4】

特開 2001-147338 号公報(請求項 13、段落 [0022])

【0010】

【非特許文献1】

G. P. Agrawal 著、「Nonlinear Fiber Optics (第2版)」、Academic Press社、1995年発行 (2.3.1節、p. 42)

【0011】

【非特許文献2】

ITU-T、勧告 G. 652 (2000年10月改版) (Table 1/G. 652、p.6)

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述のように屈折率分布の設計・最適化による実効断面積 A_{eff} の拡大を行う場合、一般に単一モード光ファイバ断面の半径方向における屈折率分布が複雑化すると同時に、実効断面積 A_{eff} を拡大した単一モード光ファイバでは、光ファイバ中を伝搬する光のコア内部への閉じ込めが低下し、曲げ損失特性が劣化するため、実際に実現可能な実効断面積 A_{eff} の値は、許容可能な曲げ損失特性が確保できる領域、例えば、曲げ半径 10 mm における曲げ損失が 10 dB/m から 100 dB/m 以下の領域に制限されるという、課題があった。

【0013】

また、実効断面積 A_{eff} が拡大された単一モード光ファイバでは、一般に基本 (LP11) モードの理論遮断波長も長波長側にシフトする傾向にあり (例えば、特許文献4)、実効的な動作波長領域も、例えば 1400 nm 以上の長波長側に制限されるといった、課題もあった。

【0014】

更に、従来の SMF はその構造がシンプル、かつ比較的大きな実効断面積 A_{eff} を有する反面、その適応領域は曲げ損失特性の劣化により、比較的大きな曲げ半径の領域、例えば曲げ半径 20 mm から 30 mm 程度の領域に制限されるため、

実際の光伝送路や光配線では配線場所や収納スペースが、許容可能な曲げ半径に応じて制限されるといった、点があった。このため、従来のSMFの曲げ損失特性の改善を目的として、MFDの低減を図ったタイプのSMFも開発されているが、MFDの低減により接続損失等の取り扱い特性も低下するといった、課題があった。

【0015】

本発明は、上記のような課題に鑑みてなされたもので、その目的は、1260 nmから1625 nmの動作波長領域において、 $150\ \mu\text{m}^2$ 以上の実効断面積 A_{eff} を有し、かつ曲げ半径10 mmで1 dB/m以下の曲げ損失特性を有する空孔付き単一モード光ファイバ、並びに曲げ半径10 mmにおける曲げ損失が1 dB/m以下、かつ波長1310 nmにおけるモードフィールド径が、従来の1.3 μm 帯零分散単一モード光ファイバ(SMF)と同等の、7.9 μm から10.2 μm (非特許文献2) となる、空孔付き単一モード光ファイバを提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】

本発明の空孔付き単一モード光ファイバは、屈折率が均一な第1クラッド部と、第1クラッド部よりも屈折率の高いコア部とに加え、コア部の外周、第1クラッド部の領域に配置された複数の空孔部により形成される第2クラッド部を備え、第2クラッド部の空孔径とコア部からの位置、並びにコア部の比屈折率差とコア径を最適化することにより課題を解決する。

【0017】

詳細には、上記目的を達成するため、本発明は、屈折率が均一な第1クラッド部と、前記第1クラッド部よりも高い屈折率を有し、第1クラッド部の中央に配置された半径 r_1 のコア部と、前記コア部の中心から距離 d の前記第1クラッド部領域内に配置された少なくとも4個以上の半径 r_2 の空孔部により形成される第2クラッド部とを有する単一モード光ファイバであって、前記距離 d が前記コア部の前記半径 r_1 の2.0倍から4.5倍の大きさであって、かつ前記空孔部の前記半径 r_2 が前記コア部の前記半径 r_1 の0.2倍以上であることを特徴と

する。

【0018】

ここで、前記コア部の前記半径 r_1 が $3.2\ \mu\text{m}$ から $4.8\ \mu\text{m}$ であり、前記コア部の前記第1クラッド部に対する比屈折率差 Δ が 0.3% から 0.55% の領域内であることを特徴とすることができる。

【0019】

また、波長 $1310\ \text{nm}$ におけるモードフィールド径が $7.9\ \mu\text{m}$ から $10.2\ \mu\text{m}$ であることを特徴とすることができる。

【0020】

また、前記コア部の前記第1クラッド部に対する比屈折率差 Δ が 0.12% 以下であって、かつ前記コア部の中心から前記空孔部の最外周までの実効コア半径 A が $23\ \mu\text{m}$ から $28\ \mu\text{m}$ の範囲内であることを特徴とすることができる。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0022】

（第1の実施の形態）

図1は本発明の空孔付き単一モード光ファイバの実施の形態の構成例を示す断面図である。図1の（A）は空孔数4個、図1の（B）は空孔数6個、図1の（C）は空孔数8個の場合の断面図を示す。

【0023】

本発明の単一モード光ファイバは、半径 r_1 のコア部10と、その周囲の屈折率が均一な第1クラッド部11と、コア部10の中心から距離 d の位置に配置された少なくとも4個以上の半径 r_2 の空孔部12からなる第2クラッド部とにより構成される。これら空孔部12は、それぞれ光ファイバの長手方向に沿って形成され、かつ光ファイバの断面において一定間隔をおいて一様に分散配置され、光ファイバの長手方向に沿ってその平均的な直径が実質的に一定値であるものとする。

【0024】

コア部 10 の屈折率 n_1 は従来の単一モード光ファイバと同様に、第 1 クラッド部 11 の屈折率 n_2 よりも高くなるように、添加材料とその添加量により調整されており、コア部 10 と第 1 クラッド部 11 により主たる光の導波構造が形成されている。また、コア部 10 の屈折率分布は従来の単一モード光ファイバ同様に、任意の形状の屈折率分布を用いることが可能である。

【0025】

本発明の実施の形態では、第 1 クラッド部 11 の屈折率を純石英レベルとし、第 2 クラッド部の屈折率を 1（空気）とし、コア部 10 がゲルマニウム添加により形成されるステップ型屈折率分布を有する時の、空孔付き単一モード光ファイバの特性について説明する。尚、第 1 クラッド部 11 の屈折率をフッ素等の添加により、純石英の屈折率よりも低くし、コア部 10 の屈折率を純石英と同等、もしくはそれ以下の屈折率として設計することも可能である。

【0026】

始めに、本発明の第 1 の実施の形態では、コア部 10 の半径（以下、コア半径と称する） r_1 、及びコア部 10 の第 1 クラッド部 11 に対する比屈折率差 Δ が、従来の 1.3 μm 帯零分散単一モード光ファイバ（SMF）の特性を満たす範囲内で設計された場合について以下に説明する。

【0027】

図 2 は従来の SMF において、零分散波長、遮断波長、並びに曲げ損失特性の要求条件（非特許文献 2）により決定される、比屈折率差 Δ とコア半径 r_1 の関係（設計領域）を表す図である。尚、比屈折率差 Δ （単位：%）はコア部 10 の屈折率 n_1 、並びにクラッド部（本発明の構造では第 1 クラッド部 11）の屈折率 n_2 を用いて、次式（1）により定義した。

【0028】

【数 1】

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \times 100 \quad (1)$$

【0029】

図 2 からコア部 10 の半径 r_1 を約 3.2 μm から 4.8 μm 、比屈折率差 Δ

を約 0.3% から 0.55% の範囲で設計することにより、従来の SMF における要求条件を満足することが可能となる。

【0030】

図 3 は規格化空孔位置 d/r_1 と、波長 1625 nm における曲げ半径 10 mm の時の曲げ損失特性の関係を、空孔部 12 の半径（以下、空孔半径と称する） r_2 をパラメータとして表す図である。尚、図 3 の実例では、図 2 に示した関係から、比屈折率差 Δ を 0.32%、 r_1 を $4.5 \mu\text{m}$ とした。

【0031】

ここで、図 3 の (A) は空孔部 12 の数（以下、空孔数と称する）が 4 個の場合、図 3 の (B) は空孔数が 6 個の場合、図 3 の (C) は空孔数が 8 個の場合のそれぞれの特性例を表す。

【0032】

一般に、単一モード光ファイバのモードフィールド径 (MFD) は長波長側ほど拡大し、これに伴い長波長側の曲げ損失特性も劣化する傾向にある。従って、図 3 に示すように、空孔数が 4 個、6 個、もしくは 8 個の空孔付き単一モード光ファイバにおいて、空孔半径 r_2 をコア半径 r_1 の約 0.2 倍以上、空孔位置 d をコア半径 r_1 の約 4.5 倍以下の領域で設計することにより、波長 1625 nm 以下の領域における、曲げ半径 10 mm での曲げ損失特性を 1 dB/m 以下とすることが可能となる。

【0033】

図 4 は空孔数 8 個、空孔半径 r_2 がコア半径 r_1 の 0.4 倍の空孔付き単一モード光ファイバにおける、規格化空孔位置 d/r_1 と基本 (LP11) モードの理論遮断波長の関係を表す図である。前述した比屈折率差 Δ が 0.32%、コア半径 r_1 が $4.5 \mu\text{m}$ の従来の SMF における基本 (LP11) モードの理論遮断波長は約 1450 nm であるが、図 4 に示すように、本発明の空孔付き単一モード光ファイバにおいても、従来の SMF と同等か、それより低い値の遮断波長特性を得ることができる。

【0034】

図 5 は、空孔数等が図 4 と同一条件の空孔付き単一モード光ファイバで、波長

1310 nmにおける、規格化空孔位置 d/r_1 に対する、MFD（モードフィールド径）の変化を表す図である。図5に示すように、規格化空孔位置 d/r_1 を約1.5以上の領域で設計することにより、従来のSMFと同等の、約7.9 μm から10.2 μm のMFD特性を得ることが可能となる。

【0035】

また、図6は波長1625 nmにおける、規格化空孔位置 d/r_1 に対する、従来のSMFにおけるMFDを基準とした時の、空孔付き単一モード光ファイバにおけるMFDの相対変化、並びにMFDの不整合に起因する接続損失の特性を表す図である。ここで、実線の曲線はMFDの相対変化の特性を表わし、破線の曲線はMFD不整合損失の特性を表わしている。図6に示すように、規格化空孔位置 d/r_1 を2.0以上の領域で設計することにより、空孔部12の付与に伴う従来のSMFに対する波長1625 nmにおけるMFDの変化を±10%以下とし、MFDの不整合に起因する接続損失を1 dB未満とすることが可能となる。

【0036】

従って、以上説明した、図2、図3、図4、図5、並びに図6に示したように、少なくとも4個以上の空孔部12を有する本発明の空孔付き単一モード光ファイバにおいて、空孔部12の位置 d をコア半径 r_1 の2.0倍から4.5倍、空孔部12の半径 r_2 をコア半径 r_1 の0.2倍以上とし、コア部10の比屈折率差 Δ を約0.3%から0.55%、コア半径 r_1 を約3.2 μm から4.8 μm の領域で設計することにより、基本(LP11)モードの理論遮断波長を1500 nm以下とし、1260 nmから1625 nmの動作波長領域における曲げ半径10 mmでの曲げ損失特性を1 dB/m以下とし、かつ波長1310 nmにおけるMFDを、従来のSMFと同等の約7.9 μm から10.2 μm とし、更に動作波長の上限1625 nmにおいても、従来のSMFに対するMFDの相対変化を±10%以下とする特性を得ることが可能となる。

【0037】

図7は上述した本発明の実施の形態に基づき試作した、6個の空孔部12を有する2種類の空孔付き単一モード光ファイバにおける、曲げ損失の波長特性の測

定結果を、従来のSMFとの比較により表す図である。尚、曲げ損失の測定条件は、曲げ半径10mm、20回巻きつけとしている。試作した空孔付き単一モード光ファイバの測定波長領域における曲げ損失は、測定限界の0.01dB/m以下であり、特に長波長側において、従来のSMFに比べ2桁以上の曲げ損失低減効果が得られている。

【0038】

(第2の実施の形態)

次に、本発明の第2の実施の形態として、コア部10の比屈折率差 Δ とコア半径の最適化を行い、実効断面積 A_{eff} の拡大を図った例について説明する。

【0039】

図8は曲げ半径10mmにおける曲げ損失が1dB/m以下となる、コア部10の第1クラッド部11に対する比屈折率差 Δ と実効コア半径Aの関係を表す図である。ここで、実効コア半径Aはコア部10の中心から第2クラッド部の最外周、即ち、 $A = d + 2 \times r_2$ として定義する(図1を参照)。尚、1例として、第2クラッド部を形成する空孔部12の数は6個、空孔半径 r_2 はコア半径 r_1 の0.3倍、空孔位置 d はコア半径 r_1 の3倍とした。

【0040】

図8から、波長1260nmでの比屈折率差 Δ と実効コア半径Aの関係をを用いて設計することにより、波長1260nmから1625nmの動作波長範囲で、曲げ半径が10mmの時の曲げ損失を1dB/m以下にできることが分かる。

【0041】

図9は、図8の波長1260nmにおける比屈折率差 Δ と実効コア半径Aの関係をを用いた時の、波長1260nm、1550nm及び1625nmにおける、コア部10の比屈折率差 Δ と実効断面積 A_{eff} の関係を表す図である。

【0042】

また、図10は、図8の波長1260nmにおける比屈折率差 Δ と実効コア半径Aの関係をを用いた時の、コア部10の比屈折率差 Δ と基本(LP11)モードの理論遮断波長の関係を示す図である。

【0043】

従って、図 8、図 9、及び図 10 に示したように、本発明の第 2 の実施の形態では、コア部 10 の中心からの距離 $d = 3 \times r_1$ の位置に、半径 $r_2 = 0.3 \times r_1$ の 6 個の空孔部 12 を有する単一モード光ファイバにおいて、コア部 10 の比屈折率差 Δ を約 0.12% 以下、実効コア半径 A を約 $23 \mu\text{m}$ から $28 \mu\text{m}$ の領域で設計することにより、基本 (LP11) モードの理論遮断波長を 1100 nm 以下とし、波長 1260 nm から 1625 nm における実効断面積 A_{eff} が $150 \mu\text{m}^2$ 以上で、かつ曲げ半径 10 mm における曲げ損失が 1 dB/m 以下の特性を実現することが可能となる。

【0044】

(他の実施の形態)

本発明の実施形態を説明したが、本発明に係わる空孔部 12 の個数、光ファイバの材質等は上述した実施形態に限らない。特許請求の範囲の記載の範囲内であれば、その変更、修正、置換等は本発明の実施形態に含まれる。例えば、光ファイバは、必ずしもガラスに限らず、プラスチック、その他使用する波長において透明な媒質を材料として形成されているものであればよい。また、空孔部 12 は円形が好適であるが、円形に極めて近い楕円形や多角形にも応用可能である。また、空孔部 12 の中は真空に限らず、例えば使用する波長において透明かつ第 1 クラッド部 11 よりも屈折率の低い気体、液体ないし固体で満たされていてもよい。

【0045】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、従来の単一モード光ファイバと同様の屈折率変化を伴うコア部と第 1 クラッド部に加え、少なくとも 4 個以上の空孔部により形成される第 2 クラッド部を配置し、コア半径 r_1 、コア部の比屈折率差 Δ 、空孔半径 r_2 、並びに空孔部の位置 d を最適化することで、一例として、 1500 nm 以下の基本 (LP11) モードの理論遮断波長、 1260 nm から 1625 nm の動作波長領域において、曲げ半径 10 mm における 1 dB/m 以下の曲げ損失と、 $150 \mu\text{m}^2$ 以上の実効断面積 A_{eff} の全ての特性を満たすことを可能とし、広範な単一モード動作領域における光非線形性の低減が得られるとい

う顕著な効果を奏する。

【0046】

また、本発明によれば、上記と同様の構造を有する単一モード光ファイバにおいて、1500nm以下の基本(LP11)モードの理論遮断波長と、1260nmから1625nmの動作波長領域において、曲げ半径10mmにおける1dB/m以下の曲げ損失とを満足し、高い曲げ損失耐性を実現すると同時に、波長1310nmにおける従来のSMFと同等のMFD特性を保持し、かつ波長1625nmにおいても従来のSMFに対するMFDの変化を±10%以下とすることが可能となるため、従来のSMFとの良好な接続特性も実現するという効果も奏する。

【0047】

更に、本発明の単一モード光ファイバは、屈折率分布を有する単一モード光ファイバに多数の空孔部を付与するという従来のものよりも比較的容易に作成が行える。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態における単一モード光ファイバの断面構造を示し、それぞれ(A)は空孔数4、(B)は空孔数6、(C)は空孔数8の例を示す概略断面図である。

【図2】

従来の1.3μm帯零分散単一モード光ファイバにおける、零分散波長、遮断波長、並びに曲げ損失特性の要求条件により決定される、比屈折率差 Δ とコア半径 r_1 の関係を表す特性図である。

【図3】

本発明の実施の形態における空孔付き単一モード光ファイバの規格化空孔位置 d/r_1 と曲げ損失の関係を表し、(A)は空孔数4、(B)は空孔数6、(C)は空孔数8の例を示す特性図である。

【図4】

本発明の第1の実施の形態における空孔付き単一モード光ファイバの、規格化

空孔位置 d/r_1 と基本 (LP11) モードの理論遮断波長の関係を表す特性図である。

【図 5】

本発明の第 1 の実施の形態における空孔付き単一モード光ファイバの、波長 1310 nm における、規格化空孔位置 d/r_1 に対する、MFD の変化を表す特性図である。

【図 6】

本発明の第 1 の実施の形態における空孔付き単一モード光ファイバの、波長 1625 nm における、規格化空孔位置 d/r_1 に対する、従来の SMF に対する MFD の相対変化、並びに MFD の不整合に起因する接続損失の関係を表す特性図である。

【図 7】

本発明の第 1 の実施の形態に基づいて試作した、6 個の空孔を有する空孔付き単一モード光ファイバにおける、曲げ損失の波長特性の測定結果を表す特性図である。

【図 8】

本発明の第 2 の実施形態における空孔付き単一モード光ファイバの、コア部の比屈折率差 Δ と実効コア半径 A の関係を表す特性図である。

【図 9】

本発明の第 2 の実施形態における空孔付き単一モード光ファイバの、コア部の比屈折率差 Δ と実効断面積 A_{eff} の関係を表す特性図である。

【図 10】

本発明の第 2 の実施形態における空孔付き単一モード光ファイバの、コア部の比屈折率差 Δ と基本 (LP11) モードの理論遮断波長の関係を表す特性図である。

【符号の説明】

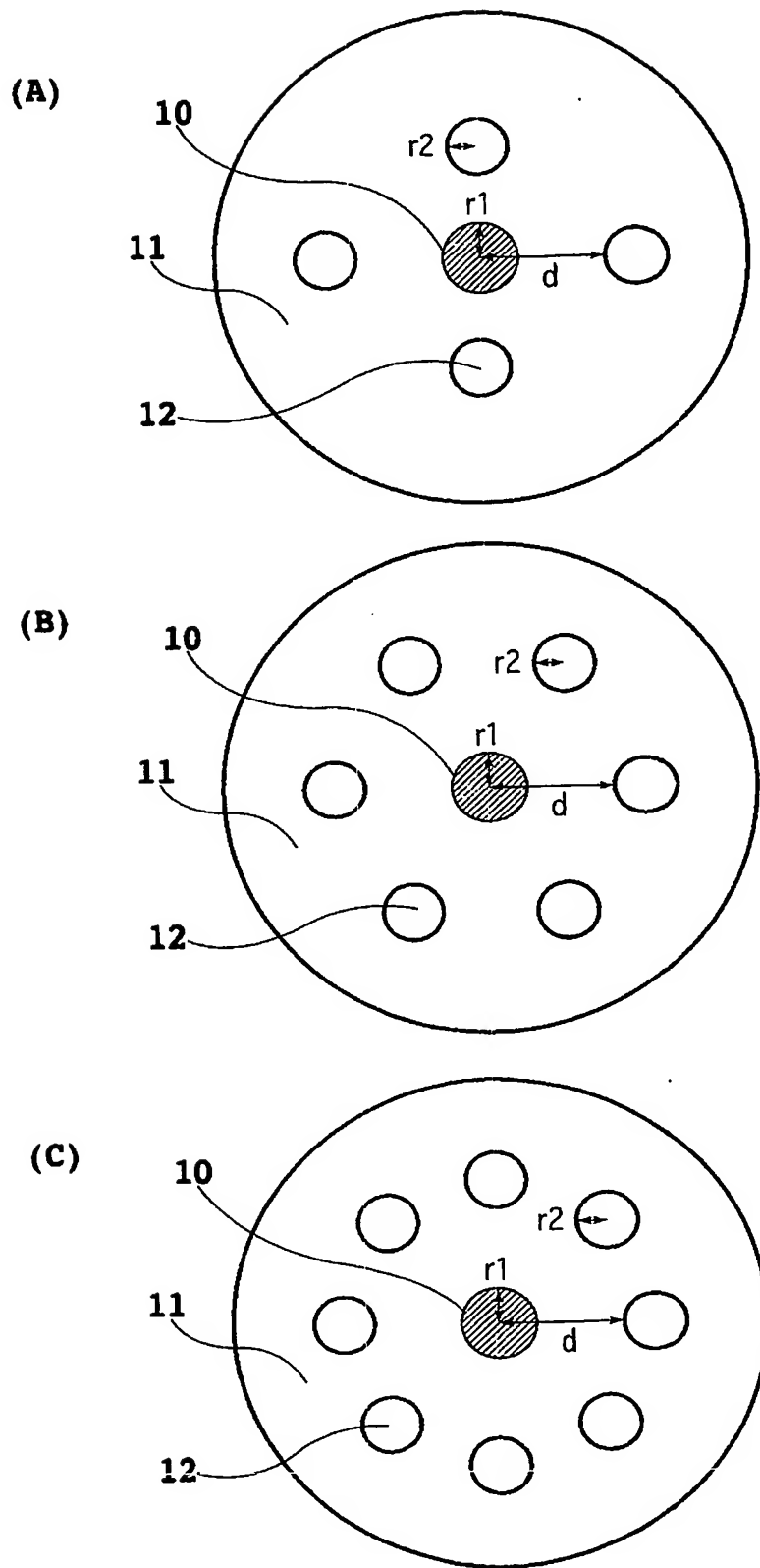
- 10 コア部
- 11 第 1 クラッド部
- 12 空孔部

- r 1 コア部 1 0 の半径
- r 2 空孔部 1 2 の半径
- d コア部 1 0 の中心から空孔部 1 2 までの距離

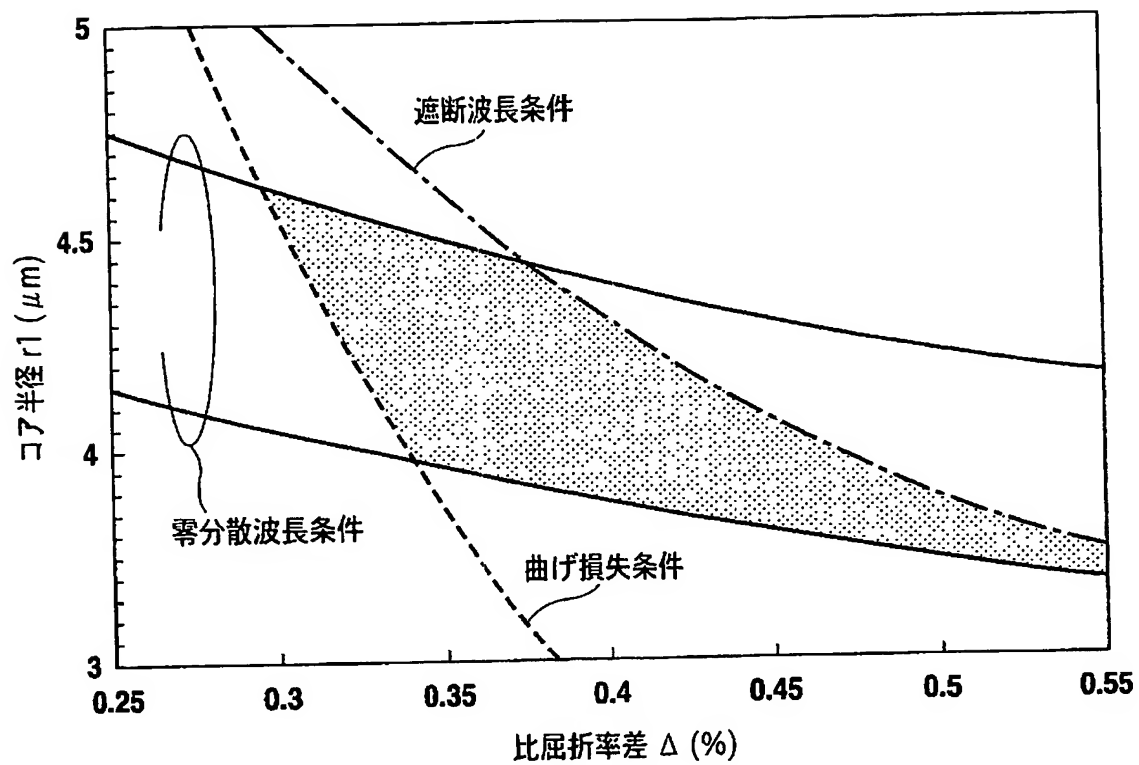
【書類名】

図面

【図 1】

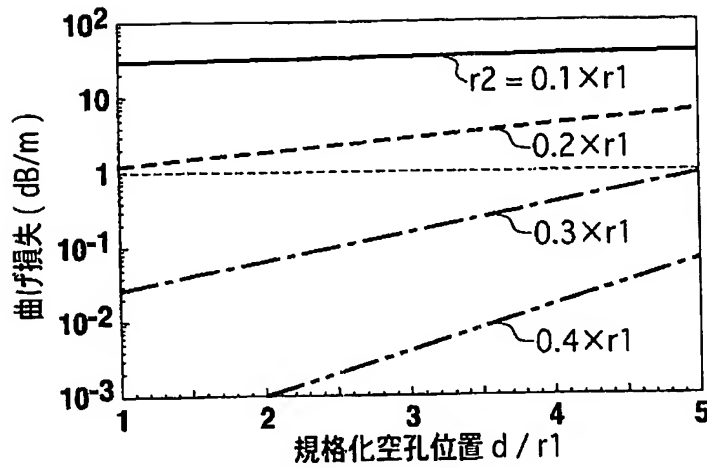


【図 2】



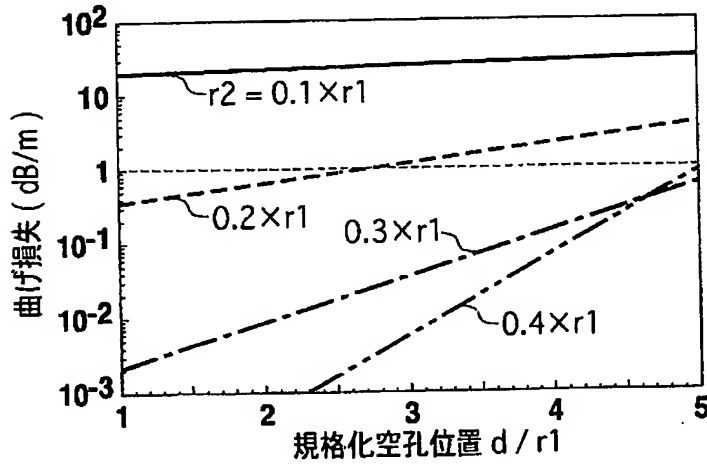
【図 3】

(A)



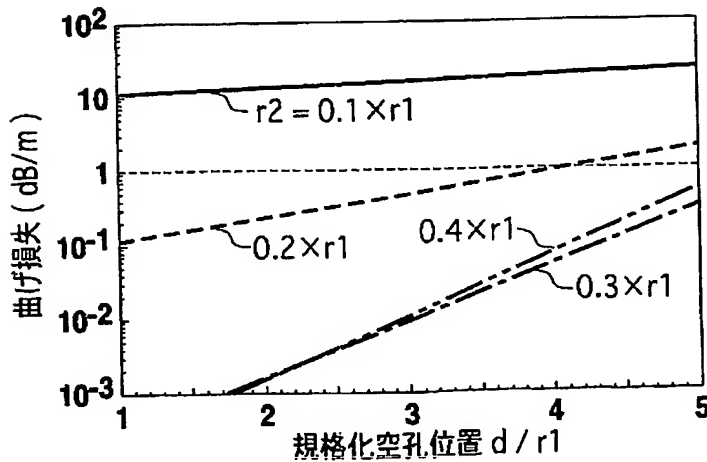
$\lambda = 1625 \text{ nm}$
 曲げ半径: 10 mm
 $r_1 = 4.5 \text{ } \mu\text{m}$
 $\Delta = 0.32 \%$
 空孔数: 4個

(B)



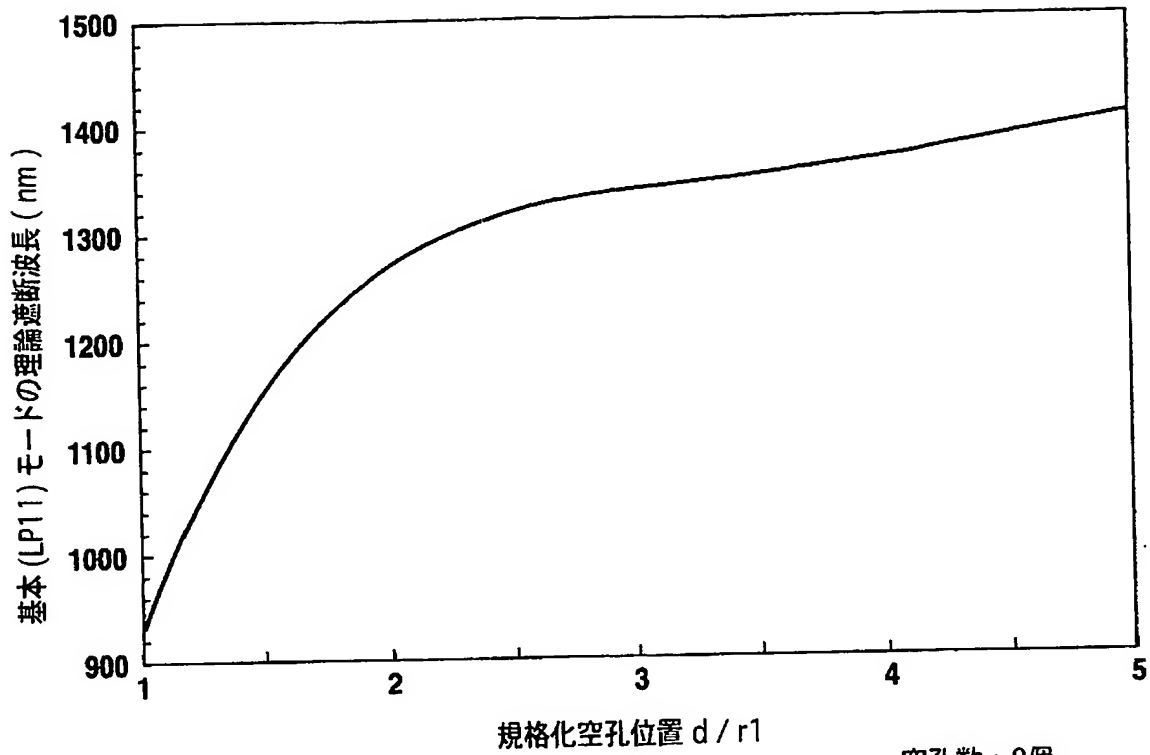
$\lambda = 1625 \text{ nm}$
 曲げ半径: 10 mm
 $r_1 = 4.5 \text{ } \mu\text{m}$
 $\Delta = 0.32 \%$
 空孔数: 6個

(C)



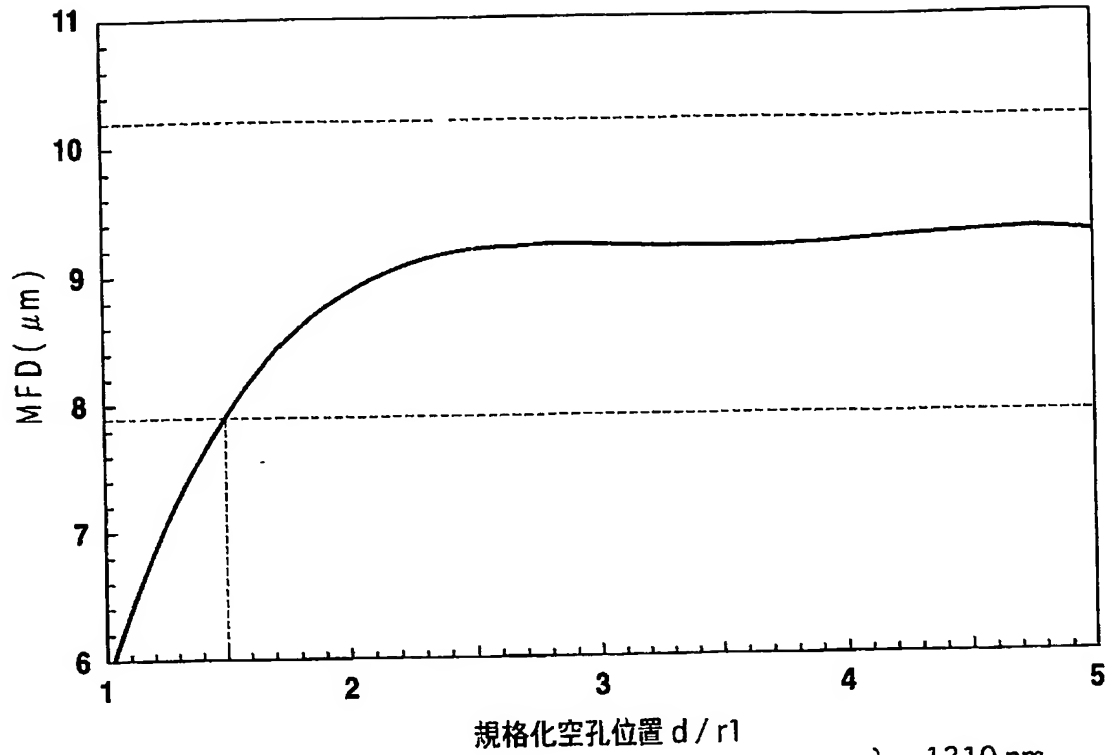
$\lambda = 1625 \text{ nm}$
 曲げ半径: 10 mm
 $r_1 = 4.5 \text{ } \mu\text{m}$
 $\Delta = 0.32 \%$
 空孔数: 8個

【図 4】



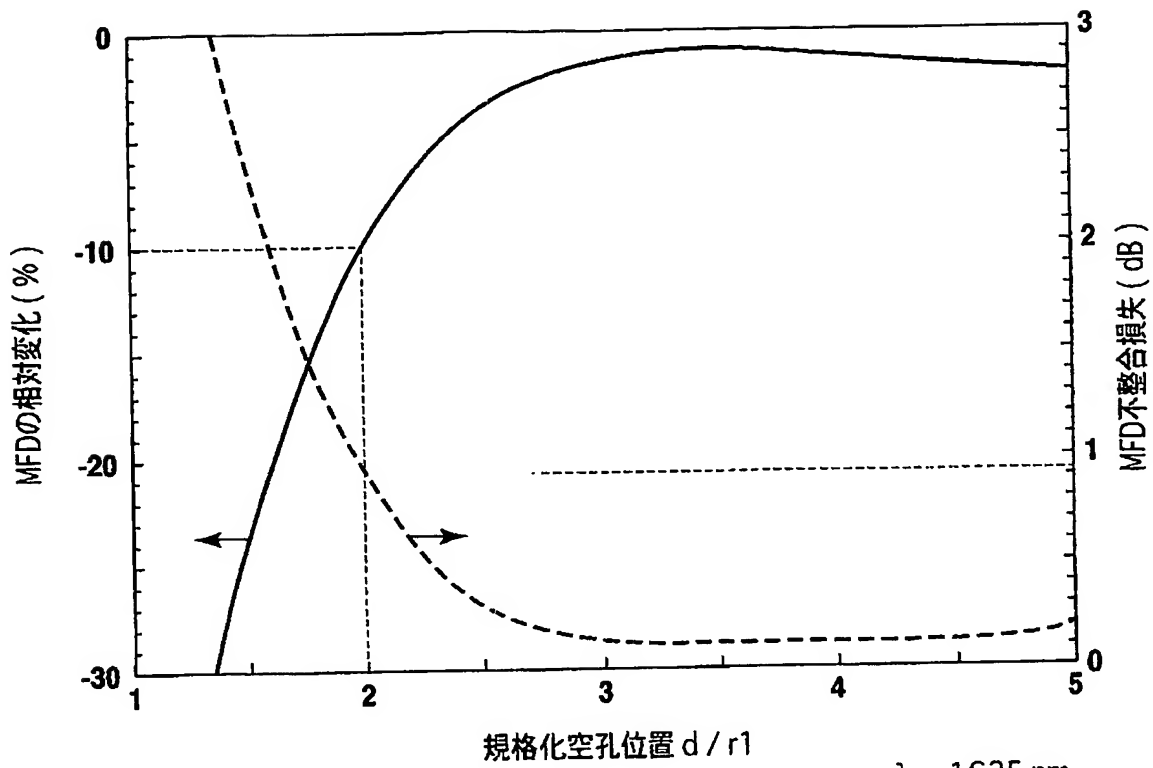
空孔数 : 8個
 $r2 = 0.4 \times r1$
 $r1 = 4.5 \mu m$
 $\Delta = 0.32 \%$

【図 5】



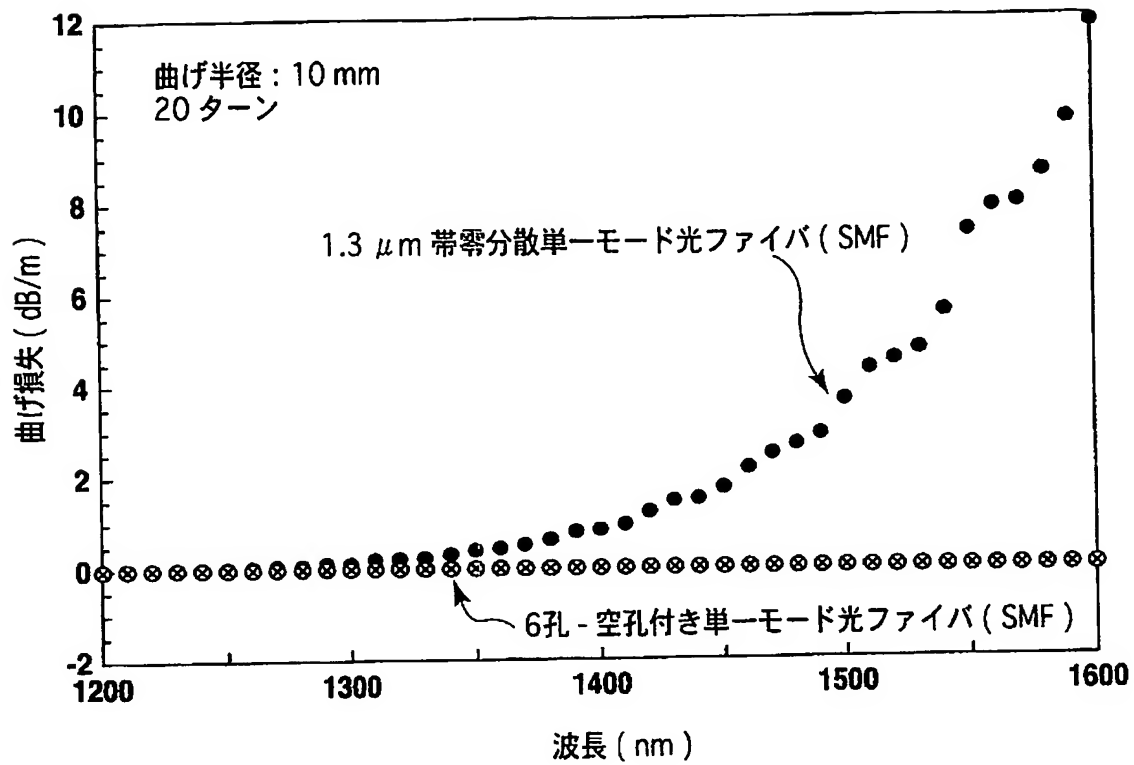
$\lambda = 1310 \text{ nm}$
空孔数: 8個
 $r_2 = 0.4 \times r_1$
 $r_1 = 4.5 \mu\text{m}$
 $\Delta = 0.32 \%$

【図 6】

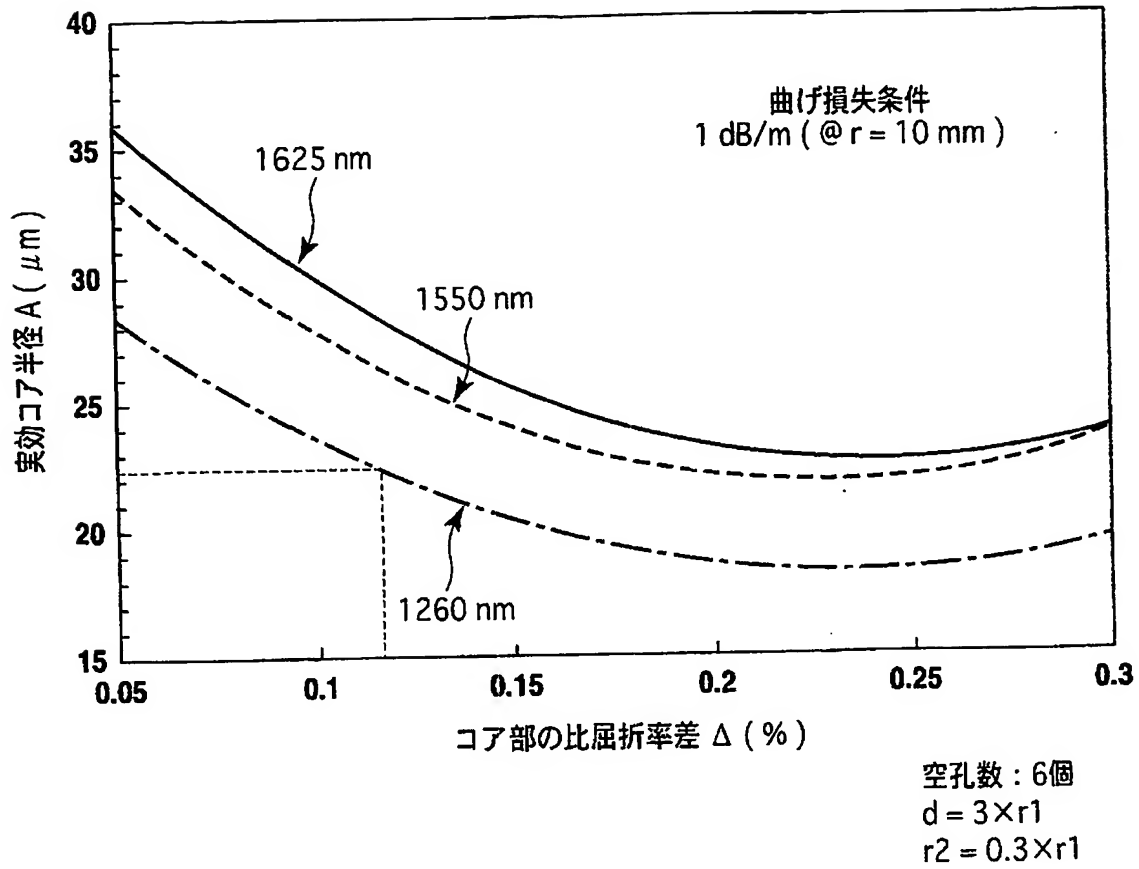


$\lambda = 1625 \text{ nm}$
空孔数 : 8個
 $r_2 = 0.4 \times r_1$
 $r_1 = 4.5 \text{ } \mu\text{m}$
 $\Delta = 0.32 \%$

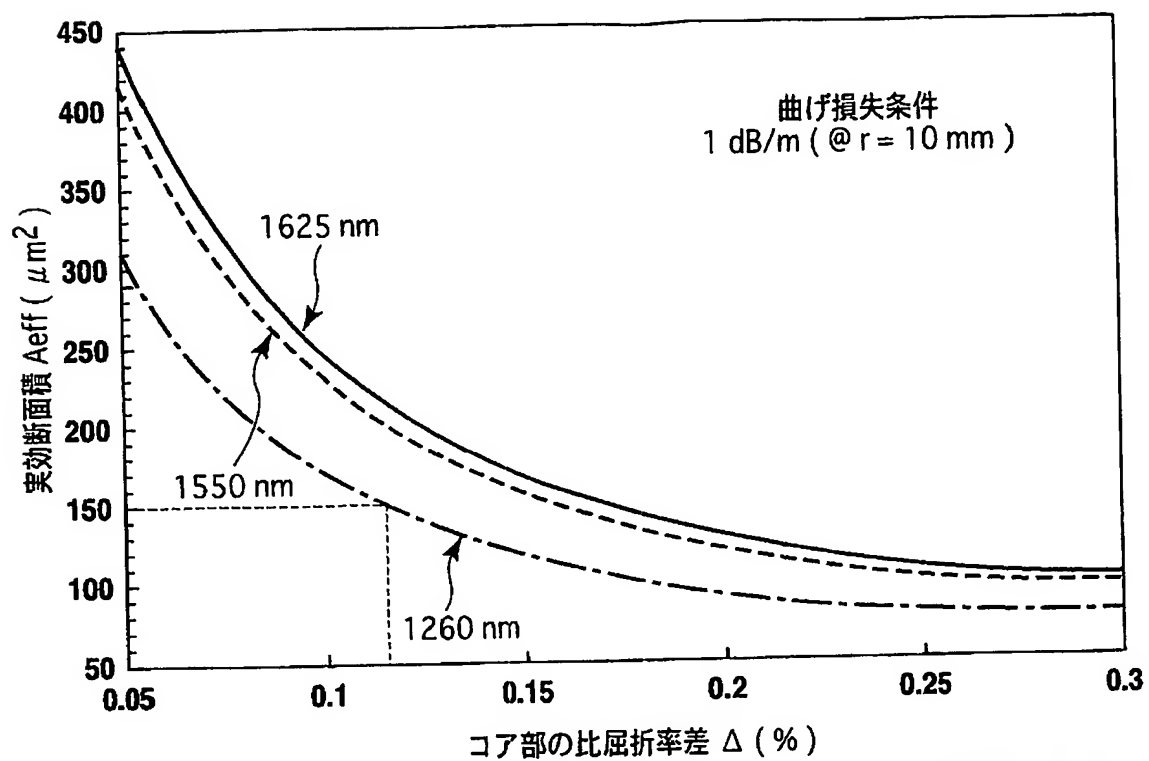
【図 7】



【図 8】

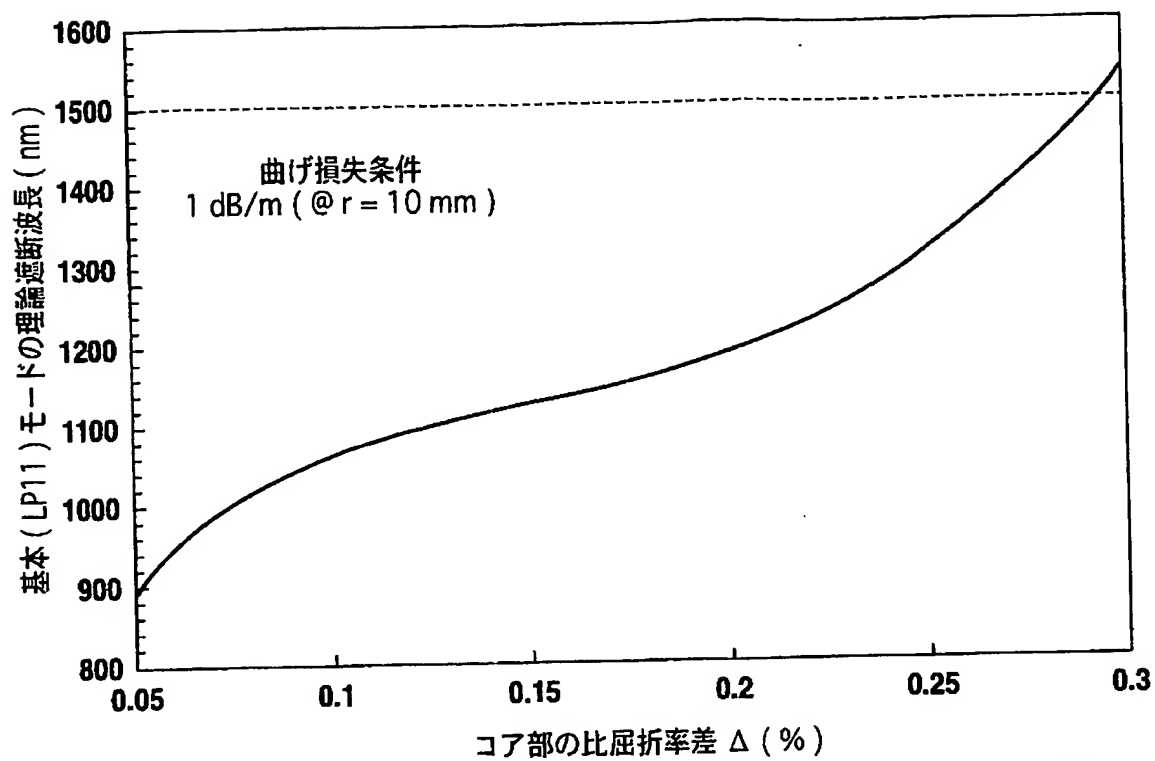


【図 9】



空孔数: 6個
 $d = 3 \times r_1$
 $r_2 = 0.3 \times r_1$

【図 10】



空孔数: 6個
 $d = 3 \times r1$
 $r2 = 0.3 \times r1$

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高速／大容量の光通信、光配線に好適な単一モード光ファイバの実現

。

【解決手段】 単一モード光ファイバは、屈折率が均一な第1クラッド部11と、第1クラッド部よりも高い屈折率を有するコア部10と、第1クラッド部の領域内に配置された4個以上の空孔部12により構成される第2クラッド部とを有する。コア部の中心から空孔部までの距離 d がコア半径 r_1 の2倍から4.5倍、かつ空孔半径 r_2 がコア半径 r_1 の0.2倍以上とすることで最適化できる。更に、コア半径 r_1 が $3.2\mu\text{m}$ から $4.8\mu\text{m}$ であり、コア部の第1クラッド部に対する比屈折率差 Δ が0.3%から0.55%の領域内である。波長 1310nm におけるモードフィールド径が $7.9\mu\text{m}$ から $10.2\mu\text{m}$ である。比屈折率差 Δ が0.12%以下であって、コア部の中心から空孔部の最外周までの実効コア半径 A が $23\mu\text{m}$ から $28\mu\text{m}$ の範囲内である、としても好ましい。

【選択図】 図1

特願 2003-113414

出願人履歴情報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日

1999年 7月15日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

氏 名

日本電信電話株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.